

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-107681

(P2002-107681A)

(43) 公開日 平成14年4月10日 (2002. 4. 10)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	キーワード (参考)
G 0 2 F 1/025		G 0 2 F 1/025	2 H 0 4 7
G 0 2 B 6/12		G 0 2 B 6/12	J 2 H 0 7 9
	6/122		B 5 F 0 8 8
H 0 1 L 31/0232			A 5 K 0 0 2
H 0 4 B 10/00		H 0 1 L 31/02	D

審査請求 未請求 請求項の数25 OL (全 11 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2000-301490 (P2000-301490)

(22) 出願日 平成12年9月29日 (2000. 9. 29)

(71) 出願人 000154325

富士通カンタムデバイス株式会社

山梨県中巨摩郡昭和町大字紙漣阿原1000番地

(72) 発明者 山内 肇吾

山梨県中巨摩郡昭和町大字紙漣阿原1000番地 富士通カンタムデバイス株式会社内

(74) 代理人 100070150

弁理士 伊東 忠彦

Fターム (参考) 2H047 KA03 KA13 LA12 NA04 QA02
RA08

2H079 DA16 EA05 EB05 KA19 KA20

5F088 AA03 AB07 BA20 GA05 JA11

5K002 BA07 BA31 CA14 DA05

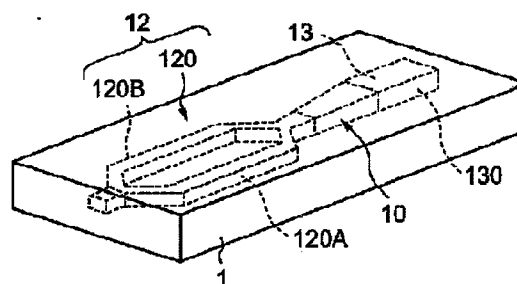
(54) 【発明の名称】 光半導体装置

(57) 【要約】

【課題】 共通基板上に光変調器と受光装置とを集積化した光半導体装置を提供する。

【解決手段】 共通基板上、光変調器と受光装置との間に、光スポット変換部を設ける。

本発明の原理を説明する図



【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板と、

前記基板上に形成され干渉型光変調器を構成する光導波路と、

前記基板上に前記干渉型光変調器に光結合されて形成され、受光装置を構成する光吸収層と、

前記基板上において前記光導波路の出射端と前記光吸収層の入射端との間に介在するように形成され、光ビームのスポット径を、前記干渉型光変調器と前記受光装置との間で変換する光スポット変換部とを備えたことを特徴とする光半導体装置。

【請求項2】 前記干渉型光変調器は、Y分岐型光変調器よりなることを特徴とする請求項1記載の光半導体装置。

【請求項3】 前記干渉型光変調器は、マッハ・ツェンダ型光変調器よりなることを特徴とする請求項1記載の光半導体装置。

【請求項4】 前記光スポット変換部は前記基板上、前記干渉型光変調器の導波路と前記受光装置の光吸収層との間に形成された光導波路パターンよりなり、前記光導波路パターンは、前記干渉型光変調器の光導波路に接続される第1の端部において、前記光導波路の幅に対応する第1の幅を有し、前記受光装置の光吸収層に接続される第2の端部において、前記光吸収層の幅に対応する第2の幅を有し、前記光導波路パターンは、前記第1の端部と前記第2の端部との間で幅を変化させることを特徴とする請求項1～3のうち、いずれか一項記載の光半導体装置。

【請求項5】 前記光導波路パターンの幅は、前記第1の端部から前記第2の端部に向かってテーパ状に、連続して変化することを特徴とする請求項4記載の光半導体装置。

【請求項6】 前記光導波路パターンの幅は、前記第1の端部から前記第2の端部に向かって階段状に変化することを特徴とする請求項4記載の光半導体装置。

【請求項7】 前記光スポット変換部は前記基板上、前記干渉型光変調器の導波路と前記受光装置の光吸収層との間に形成された光導波路パターンとよりなり、前記光導波路パターンは、前記干渉型光変調器の光導波路に接続される第1の端部において、前記光導波路の厚さに対応する第1の厚さを有し、前記受光装置の光吸収層に接続される第2の端部において、前記光吸収層の厚さに対応する第2の厚さを有し、前記光導波路パターンは、前記第1の端部と前記第2の端部との間で厚さを変化させることを特徴とする請求項1～3のうち、いずれか一項記載の光半導体装置。

【請求項8】 前記光導波路パターンの厚さは、前記第1の端部から前記第2の端部に向かってテーパ状に、連続して変化することを特徴とする請求項7記載の光半導体装置。

【請求項9】 前記光導波路パターンの厚さは、前記第1の端部から前記第2の端部に向かって階段状に変化することを特徴とする請求項7記載の光半導体装置。

【請求項10】 前記光スポット変換部は前記基板上、前記干渉型光変調器の導波路と前記受光装置の光吸収層との間に形成された光導波路パターンよりなり、前記光導波路パターンは、前記干渉型光変調器の光導波路に接続される第1の端部において、前記光導波路の幅および厚さにそれぞれ対応する第1の幅と第1の厚さを有し、前記受光装置の光吸収層に接続される第2の端部において、前記光吸収層の幅および厚さにそれぞれ対応する第2の幅と第2の厚さを有し、前記光導波路パターンは、前記第1の端部と前記第2の端部との間で幅および厚さを変化させることを特徴とする請求項1～3のうち、いずれか一項記載の光半導体装置。

【請求項11】 前記光導波路パターンの幅および厚さは、前記第1の端部から前記第2の端部に向かってテーパ状に、連続して変化することを特徴とする請求項10記載の光半導体装置。

【請求項12】 前記光導波路パターンの幅および厚さは、前記第1の端部から前記第2の端部に向かって階段状に変化することを特徴とする請求項10記載の光半導体装置。

【請求項13】 前記光導波路パターンの幅および厚さは、その一方が前記第1の端部から前記第2の端部に向かってテーパ状に、連続的に変化し、その他方が前記第1の端部から前記第2の端部に向かって階段状に変化することを特徴とする請求項10記載の光半導体装置。

【請求項14】 さらに前記干渉型光変調器を構成する光導波路は、前記出射端に対向する入射端に入射光スポット変換部を有することを特徴とする請求項1～14のうち、いずれか一項記載の光半導体装置。

【請求項15】 前記入射光スポット変換部は、前記光導波路の幅を、前記入射端に向って変化させることを特徴とする請求項14記載の光半導体装置。

【請求項16】 前記光導波路の幅は、前記入射光スポット変換部において、前記入射端に向ってテーパ状に、連続的に変化することを特徴とする請求項15記載の光半導体装置。

【請求項17】 前記光導波路の幅は、前記入射光スポット変換部において、前記入射端に向って階段状に変化することを特徴とする請求項15記載の光半導体装置。

【請求項18】 前記入射光スポット変換部は、前記光導波路の厚さを、前記入射端に向って変化させることを特徴とする請求項14記載の光半導体装置。

【請求項19】 前記光導波路の厚さは、前記入射光スポット変換部において、前記入射端に向ってテーパ状に、連続的に変化することを特徴とする請求項18記載の光半導体装置。

【請求項20】 前記光導波路の厚さは、前記入射光ス

ポット変換部において、前記入射端に向って階段状に変化することを特徴とする請求項18記載の光半導体装置。

【請求項21】 前記入射光スポット変換部は、前記光導波路の幅および厚さを、前記入射端に向って変化させることを特徴とする請求項14記載の光半導体装置。

【請求項22】 前記光導波路の幅および厚さは、前記入射光スポット変換部において、前記入射端に向ってテーパ状に、連続的に変化することを特徴とする請求項21記載の光半導体装置。

【請求項23】 前記光導波路の幅および厚さは、前記入射光スポット変換部において、前記入射端に向って階段状に変化することを特徴とする請求項21記載の光半導体装置。

【請求項24】 前記光導波路の幅および厚さは、その一方が前記入射スポット変換部において、前記入射端に向ってテーパ状に、連続的に変化し、その他方が前記入射光スポット変換部において、前記入射端に向って階段状に変化することを特徴とする請求項21記載の光半導体装置。

【請求項25】 基板と、
前記基板上に形成され、干渉型光変調器を構成する光導波路と、
前記基板上に形成され、前記干渉型光変調器の前記光導波路に光結合される光検出器を構成する光吸収層とを備えたことを特徴とする光半導体装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は一般に半導体装置に係り、特に光信号から光クロック信号を抽出する光半導体装置に関する。

【0002】光通信技術の分野においては、光ファイバ中を伝送される光信号に光クロック信号を重畳するのが一般的であり、光ファイバに接続された中継装置あるいは受信装置においては、受信した光信号から光クロックを再生する必要がある。

【0003】

【従来の技術】図1は、かかる光信号から光クロックを再生するのに使われる公知のクロック抽出光検波装置100の構成を示す。

【0004】図1を参照するに、前記クロック抽出光検波装置100は、入力端101Aから出力端101Bへと周波数が f_0 の光信号を伝送する光ファイバ101に光結合された光カプラ11を備え、前記光ファイバ101中の光信号は前記光カプラ11により分岐され、光変調器12に導入される。光変調器12は電圧制御発振器16からの周波数が f_{clk} の駆動信号により駆動され、前記光カプラ11により分岐された光信号をさらに変調する。前記光変調器12により変調された光信号は次いで受光装置13において光検波され、周波数が $f_0 - m$

f_{clk} の出力信号が形成される。

【0005】前記受光装置13の出力信号は位相比較器15に供給され、基準信号源14からの周波数が f_1 の基準周波数信号と位相比較される。前記位相比較器15は前記受光回路13の出力信号と基準周波数信号との位相差を表す電圧信号を形成し、この電圧信号を前記電圧制御発振器16に供給することにより、前記駆動信号の周波数 f_{clk} を、前記位相差が減少するように制御する。すなわち前記位相比較器15は前記電圧制御発振器16をフィードバック制御する。

【0006】すなわち、かかるフィードバックループ動作の結果、前記位相差は実質的にゼロに制御され、その状態における前記電圧制御発振器16の出力周波数信号102が、前記光信号中の光クロックに同期したクロック信号として取り出される。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】ところで、このようなクロック抽出検波装置100においては、従来は光変調器12と受光装置13とを個別の要素により構成し、両者の間を光ファイバにより接続することが行われていた。しかし、このような構成は大掛かりであり、また光変調器12と受光装置13とを損失なく結合するのが困難である問題点を有していた。

【0008】これに対し、前記光変調器12と受光装置13とを共通の基板上にモノリシックに形成し、これらを前記共通基板上に同様にモノリシックに形成した導波路により結合する集積化光変調／受光装置を形成することも考えられるが、光変調器に対する要求と受光装置に対する要求とは異なっているため、光変調器12と受光装置13とがいずれも導波路を基本として構成されるものであっても、これらの間に効率的な光結合を実現することは困難であり、このような構成は試みられていなかった。ただしかかるクロック抽出光検波装置100において光変調器12は光導波路の一部を構成する活性層を有し、前記活性層中に電圧信号に応じた屈折率変化を誘起することにより、あるいは光吸収を誘起することにより、前記活性層中を通過する光ビームを変調する。一方受光装置13は光吸収層を有し、入来光ビームが前記光吸収層により吸収されることにより励起される光キャリアを検出することにより、光信号を検出する。そこで、前記光変調器12と受光装置13とを共通基板上にモノリシックに形成された光導波路により接続する場合には、前記光導波路は前記活性層と前記光吸収層とを効率的に光結合することが要求される。

【0009】ところで、前記光変調器12をY型あるいはマッハ・ツェンダ型の光干渉器を基本とする高速干渉型光変調器により実現する場合には、前記光変調器12をシングルモード動作させることが、十分な消光比を実現するのに不可欠の条件である。

【0010】図2は前記光変調器12の活性層に対して

要求される厚さ d と幅 W との間の関係を示す。

【0011】図2を参照するに、図2の曲線を $f(W)$ とすれば、前記光変調器12の活性粗言うは $d < f(W)$

(W)の場合にはシングルモード導波路を構成するものの、 $d > f(W)$ の場合にはマルチモード導波路として作用する。そこで、前記光変調器12をシングルモードで動作させる場合には、例えば幅 W が広い場合は厚さ d を小さく、例えば幅 w が狭い場合には厚さ d を大きくすることが好ましい。これら幅 W および厚さ d は、図2の関係を保つ限り、例えば前記光変調器12の形成プロセスが最も簡単になるように選択されればよい。これに対し、図3は受光装置13の動作周波数帯域 f と光吸収層の厚さ d との関係を示す。

【0012】図3よりわかるように、光吸収層の厚さが大きいと、光励起キャリアが電極に到達するまで光吸収層中を移動する距離、従って時間が長くなるため、受光装置13の動作周波数帯域 f は低くなってしまふ。そこで、受光装置13の応答特性を向上させる観点からは、前記光吸収層の厚さを薄く形成するのが好ましいことがわかる。受光装置13においては、光吸収層中において光ビームがシングルモードである必要はない。

【0013】一方、このように光吸収層の厚さが薄い場合には、光ビームが十分に吸収されるように、光吸収層の長さ L を図4に示すように増大させなければ、十分な受光感度を実現することができない。あるいは、光吸収層の断面積を増大すべく、幅を増大させる必要がある。しかし、光吸収層の断面積を、厚さを増大させずに増大させるには幅を増大させるしかないが、このように光吸収層の幅を増大させると光吸収層の平面積が増大してしまい、寄生容量が増大する。かかる寄生容量の増大は、図5に示すように受光装置13の動作周波数帯域 f の減少、従って応答速度の減少をもたらす。従って、受光装置13の光吸収層は図3～5を考慮して、周波数帯域・受光感度が適切になるように設計しなければならず、光変調器12の活性層の形状に比べて制約が大きい。

【0014】このように、光変調器12の活性層の形状、特にアスペクト比に対する要請と受光装置13の光吸収層のアスペクト比に対する要請とは異なっており、このためこれらを単なる光導波路で接続しても、所望の光結合は実現することができない。このため、図1の構成において前記光変調器12と受光装置13とを共通基板上に集積化しようとする、前記光変調器12と受光装置13との間において実質的な光損失が避けられなかった。

【0015】そこで、本発明は上記の課題を解決した、新規で有用な光半導体装置を提供することを概括的課題とする。

【0016】本発明のより具体的な課題は、共通基板上に光変調器と受光装置とを、光学的に高い効率で結合した状態で一体的に集積化した光半導体装置を提供するこ

とにある。

【0017】

【課題を解決するための手段】本発明は上記の課題を、請求項1に記載したように、基板と、前記基板上に形成され干渉型光変調器を構成する光導波路と、前記基板上に前記干渉型光変調器に光結合されて形成され、受光装置を構成する光吸収層と、前記基板上において前記光導波路の出射端と前記光吸収層の入射端との間に介在するように形成され、光ビームのスポット径を、前記干渉型光変調器と前記受光装置との間で変換する光スポット変換部とを備えたことを特徴とする光半導体装置により、または請求項2に記載したように、前記干渉型光変調器は、Y分岐型光変調器よりなることを特徴とする請求項1記載の光半導体装置により、または請求項3に記載したように、前記干渉型光変調器は、マッハ・ツェンダ型光変調器よりなることを特徴とする請求項1記載の光半導体装置により、または請求項4に記載したように、前記光スポット変換部は前記基板上、前記干渉型光変調器の導波路と前記受光装置の光吸収層との間に形成された光導波路パターンよりなり、前記光導波路パターンは、前記干渉型光変調器の光導波路に接続される第1の端部において、前記光導波路の幅に対応する第1の幅を有し、前記受光装置の光吸収層に接続される第2の端部において、前記光導波路の幅に対応する第2の幅を有し、前記光導波路パターンは、前記第1の端部と前記第2の端部との間で幅を変化させることを特徴とする請求項1～3のうち、いずれか一項記載の光半導体装置により、または請求項5に記載したように、前記光導波路パターンの幅は、前記第1の端部から前記第2の端部に向かってテーパ状に、連続して変化することを特徴とする請求項4記載の光半導体装置により、または請求項6に記載したように、前記光導波路パターンの幅は、前記第1の端部から前記第2の端部に向かって階段状に変化することを特徴とする請求項4記載の光半導体装置により、または請求項7に記載したように、前記光スポット変換部は前記基板上、前記干渉型光変調器の導波路と前記受光装置の光吸収層との間に形成された光導波路パターンとよりなり、前記光導波路パターンは、前記干渉型光変調器の光導波路に接続される第1の端部において、前記光導波路の厚さに対応する第1の厚さを有し、前記受光装置の光吸収層に接続される第2の端部において、前記光導波路の厚さに対応する第2の厚さを有し、前記光導波路パターンは、前記第1の端部と前記第2の端部との間で厚さを変化させることを特徴とする請求項1～3のうち、いずれか一項記載の光半導体装置により、または請求項8に記載したように、前記光導波路パターンの厚さは、前記第1の端部から前記第2の端部に向かってテーパ状に、連続して変化することを特徴とする請求項7記載の光半導体装置により、または請求項9に記載したように、前記光導波路パターンの厚さは、前記第1の端部

から前記第2の端部に向かって階段状に変化することを特徴とする請求項7記載の光半導体装置により、または請求項10に記載したように、前記光スポット変換部は前記基板上、前記干渉型光変調器の導波路と前記受光装置の光吸収層との間に形成された光導波路パターンよりなり、前記光導波路パターンは、前記干渉型光変調器の光導波路に接続される第1の端部において、前記光導波路の幅および厚さにそれぞれ対応する第1の幅と第1の厚さを有し、前記受光装置の光吸収層に接続される第2の端部において、前記光吸収層の幅および厚さにそれぞれ対応する第2の幅と第2の厚さを有し、前記光導波路パターンは、前記第1の端部と前記第2の端部との間で幅および厚さを変化させることを特徴とする請求項1〜3のうち、いずれか一項記載の光半導体装置により、または請求項11に記載したように、前記光導波路パターンの幅および厚さは、前記第1の端部から前記第2の端部に向かってテーパ状に、連続して変化することを特徴とする請求項10記載の光半導体装置により、または請求項12に記載したように、前記光導波路パターンの幅および厚さは、前記第1の端部から前記第2の端部に向かって階段状に変化することを特徴とする請求項10記載の光半導体装置により、または請求項13に記載したように、前記光導波路パターンの幅および厚さは、その一方が前記第1の端部から前記第2の端部に向かってテーパ状に、連続的に変化し、その他方が前記第1の端部から前記第2の端部に向かって階段状に変化することを特徴とする請求項10記載の光半導体装置により、または請求項14に記載したように、さらに前記干渉型光変調器を構成する光導波路は、前記出射端に対向する入射端に入射光スポット変換部を有することを特徴とする請求項1〜14のうち、いずれか一項記載の光半導体装置により、または請求項15に記載したように、前記入射光スポット変換部は、前記光導波路の幅を、前記入射端に向かって変化させることを特徴とする請求項14記載の光半導体装置により、または請求項16に記載したように、前記光導波路の幅は、前記入射光スポット変換部において、前記入射端に向かってテーパ状に、連続的に変化することを特徴とする請求項15記載の光半導体装置により、または請求項17に記載したように、前記光導波路の幅は、前記入射光スポット変換部において、前記入射端に向かって階段状に変化することを特徴とする請求項15記載の光半導体装置により、または請求項18に記載したように、前記入射光スポット変換部は、前記光導波路の厚さを、前記入射端に向かって変化させることを特徴とする請求項14記載の光半導体装置により、または請求項19に記載したように、前記光導波路の厚さは、前記入射光スポット変換部において、前記入射端に向かってテーパ状に、連続的に変化することを特徴とする請求項18記載の光半導体装置により、または請求項20に記載したように、前記光導波路の厚さは、前記入射光スポ

ット変換部において、前記入射端に向かって階段状に変化することを特徴とする請求項18記載の光半導体装置により、または請求項21に記載したように、前記入射光スポット変換部は、前記光導波路の幅および厚さを、前記入射端に向かって変化させることを特徴とする請求項14記載の光半導体装置により、または請求項22に記載したように、前記光導波路の幅および厚さは、前記入射光スポット変換部において、前記入射端に向かってテーパ状に、連続的に変化することを特徴とする請求項21記載の光半導体装置により、または請求項23に記載したように、前記光導波路の幅および厚さは、前記入射光スポット変換部において、前記入射端に向かって階段状に変化することを特徴とする請求項21記載の光半導体装置により、または請求項24に記載したように、前記光導波路の幅および厚さは、その一方が前記入射スポット変換部において、前記入射端に向かってテーパ状に、連続的に変化し、その他方が前記入射光スポット変換部において、前記入射端に向かって階段状に変化することを特徴とする請求項21記載の光半導体装置により、または請求項25に記載したように、基板と、前記基板上に形成され、干渉型光変調器を構成する光導波路と、前記基板上に形成され、前記干渉型光変調器の前記光導波路に光結合される光検出器を構成する光吸収層とを備えたことを特徴とする光半導体装置により、解決する。

【作用】図6は本発明の原理を説明する図である。ただし図6中、先に説明した部分には同一の参照符号を付し、説明を省略する。

【0018】図6を参照するに、基板1上には前記干渉型光変調器12を構成する光干渉器120と受光装置13を構成する光吸収層130とがモノリシックに形成されており、前記光干渉器120と前記光吸収層130との間には、前記基板1上に同様にモノリシックに形成された光スポット変換部10が形成されている。

【0019】より詳細に説明すると、前記光干渉器120は入射端で二つに分岐し出射端で合流する光導波路120Aおよび120Bよりなり、前記光スポット変換部10は前記光干渉器120の出射端を前記光吸収層130の入射端に接続する光導波路よりなる。前記光干渉器120を構成する光導波路120Aおよび120Bは、先に図2で説明したように $d < f(W)$ の関係を満たすシングルモード導波路よりなり、前記干渉器120の入射端に入来した光信号は、前記光導波路120Aおよび120Bの一方あるいは両方に形成された図6で図示を省略した電極による電界印加により、前記光導波路120A中を伝搬する光信号の位相が光導波路120B中を伝搬する光信号の位相に対して変化させられ、この二つの光信号の干渉により効率的に変調される。

【0020】これに対し前記受光装置13を構成する光吸収層130は、先に図3〜5で説明したように、前記光導波路120Aあるいは120Bとは異なる最適な幅

および厚さを有しており、前記光スポット変換部10はその幅または厚さ、あるいはその両方を、前記光干渉器120の出射端に対応する第1の端部から前記光吸収層130の入射端に対応する第2の端部までの間に、前記光導波路120A、120Bの幅および厚さに対応した第1の幅および第1の厚さから、前記光吸収層の幅および厚さに対応した第2の幅および第2の厚さまで変化させる。

【0021】かかる構成によれば、共通の基板上に光変調器と受光装置とを集積化した光半導体装置において、10 シングルモード動作が要求される光変調器と高速応答および高感度動作が要求される受光装置との間に光スポット変換部を設けることにより、前記光変調器と受光装置とを高い光効率で結合することが可能になる。

【0022】

【発明の実施の形態】〔第1実施例〕図7は、本発明の第1実施例による光半導体装置20の構成を示す。

【0023】図7を参照するに、前記光半導体装置20はn型InPバッファ層（図示せず）を形成されたn型InP基板21上に形成されており、前記InP基板21上には入射側光導波路22Aおよび出射側光導波路22Bと、前記入射端側光導波路22Aで二つに分岐し出射端光導波路22Bで再び合流する第1および第2の光導波路22Cおよび22Dとが、非ドープInGaAsPによりエピタキシャルに形成されている。前記第1および第2の光導波路22Cおよび22Dは、前記入射側光導波路22Aおよび出射側光導波路22Bと共に、前記InP基板21上においてモノリシックな光干渉器を形成する。

【0024】前記基板21上には前記光干渉器の出射端22Bに連続して、非ドープInGaAsPパターンよりなり後述する光スポット変換部を構成する光導波路23が、前記光干渉器の出射端22Bに連続する入射端から対向する出射端まで厚さおよび／または幅を変化させながらエピタキシャルに形成され、さらに前記基板21上には、前記光導波路23の出射端に連続して、非ドープInGaAsよりなる光吸収層24がエピタキシャルに形成される。前記光吸収層24上にはp型InP層26がさらにエピタキシャルに形成され、さらに前記InP基板21上に前記光導波路22C、22D、光導波路23および光吸収層24を埋め込むように高抵抗InP層21Aを形成する。

【0025】前記高抵抗InP層21A上にはさらに前記導波路22Aを覆うようにマクロストリップ型の電極26が形成され、さらに前記p型InP層26上にはp型電極パターン27Aが形成される。また前記InP基板21の下主面上には、前記光吸収層24に対応する位置にn型電極パターン27Bが形成される。

【0026】かかる光半導体装置20では、前記マイクロストリップ型電極26に変調電圧信号を供給すること

により、前記光導波路22C中を伝搬する光信号の位相が変化し、前記出射端22Bにおいて前記光導波路22C中の光信号と前記光導波路22D中の光信号とを干渉させることにより、所望の光変調がなされる。すなわち、前記光導波路22A～22Dおよび変調器電極26は、干渉型光変調器を構成する。以下では、かかる干渉型光変調器を符号26で示すことにする。

【0027】このようにして光変調器26で変調された光信号は前記光導波路23を介して光吸収層24に導波されるが、このようにして導波された光信号は前記光吸収層24中においてキャリアを励起し、かかる光励起されたキャリアは前記電極27A、27Bの間に逆バイアスを印加しておくことにより、電圧信号として検出される。すなわち、前記n型InP基板21、光吸収層24、p型InP層26および電極27A、27Bはフォトダイオード27を形成する。

【0028】前記干渉型光変調器26においては、明瞭な消光比が検出できるように前記光導波路22A～22Dはシングルモード導波路を形成することが好ましく、このため前記光導波路22A～22Dは、先に図2で説明した関係に従って、例えば1.0μmの幅と0.1μmの厚さを有するように形成される。これに対して前記フォトダイオード27では前記光吸収層24は最大の応答速度と最大の受光感度が得られるように、例えば6.0μmの幅と0.5μmの厚さを有するように形成される。

【0029】そこで、前記光スポット変換部23は、前記光導波路22Bに連続する第1の端部においては前記光導波路22Bの幅および厚さに対応した1.0μmの幅と0.1μmの厚さを有するが、前記光吸収層26に連続する第2の端部においては前記光吸収層26の幅および厚さに対応した6.0μmの幅と0.5μmの厚さを有するように形成される。すなわち、前記光スポット変換部23を構成する導波路は、その幅および厚さを前記第1の端部から第2の端部に向かって変化させる。その結果、前記光導波路22Bを出射する光ビームは実質的に全て、前記光スポット変換部23を通して前記光吸収層26に導入され、前記光変調器26とフォトディテクタ27とが高い光効率で結合される。

【0030】かかる光半導体装置20を先に図1で説明したクロック抽出光検波装置100において前記光変調器12および受光装置13の代わりに使うことにより、装置100の構成を実質的に簡素化することができ、また小型化することができる。

【0031】図7の光半導体装置20は、例えばInP基板21上にInGaAsP層をMOVPE法により形成する際に、前記光スポット変換部23の形成領域の両側にテーパ状のマスクパターンを形成しておくことにより、容易に製造することができる。すなわち、かかるテーパ状のマスクパターンを形成することにより、前記光

変調器26の形成領域においては様な厚さのInGaAsP層が得られるが、前記光スポット変換部23の形成領域では前記InGaAsP層を、厚さが連続的に変化するように形成することができる。そこで、このようにして形成されたInGaAsP層をパターンニングすることにより、前記光導波路22A~22Dと光スポット変換部23を形成する厚さが変化する導波路とを同時に形成することが可能である。

【0032】前記光導波路22A~22Dおよび光吸収層24をパターンニングした後、前記光導波路22A~22Dおよび光吸収層24上に前記p型InP層25を堆積し、さらに前記高抵抗InP層21Aを堆積する。さらに前記マイクロストリップ電極26およびフォトダイオード電極27A、27Bを形成することにより、前記光半導体装置20が得られる。

【0033】前記光半導体装置20の製造は、かかる特定の工程に限定されるものではなく、他の工程により製造することも勿論可能である。

【0034】図8(A)~(F)は、前記光スポット変換部23の様々な変形例を示す。

【0035】図8(A)~(F)を参照するに、図8(A)は前記スポット変換部の幅のみが前記光導波路22Bに連続する第1の端部から前記光吸収層24に連続する第2の端部まで、連続的に、テーパ状に増大する例を示すのに対し、図8(B)は前記スポット変換部の厚さのみが前記光導波路22Bに連続する第1の端部から前記光吸収層24に連続する第2の端部まで、連続的に、テーパ状に増大する例を示す。さらに図8(C)は、前記スポット変換部の幅および厚さの両方が前記光導波路22Bに連続する第1の端部から前記光吸収層24に連続する第2の端部まで、連続的に、テーパ状に増大する例を示す。

【0036】これに対し、図8(D)は前記スポット変換部の幅のみが前記光導波路22Bに連続する第1の端部から前記光吸収層24に連続する第2の端部まで、階段状に増大する例を示すのに対し、図8(E)は前記スポット変換部の厚さのみが前記光導波路22Bに連続する第1の端部から前記光吸収層24に連続する第2の端部まで、階段状に増大する例を示す。さらに図8(F)は、前記スポット変換部の幅および厚さの両方が、前記光導波路22Bに連続する第1の端部から前記光吸収層24に連続する第2の端部まで、階段状に増大する例を示す。

【0037】図7の光半導体装置20では、このいずれの光スポット変換部23を使っても、所望の効率的な光結合を光変調器26とフォトディテクタ27との間に実現することができる。

【第2実施例】図9は本発明の第2実施例による光半導体装置30の構成を示す。ただし図9中、先に説明した部分に対応する部分には同一の参照符号を付し、説明を

省略する。また図9では、前記基板21上に形成されたパターンのみを示し、高抵抗InP層21Aおよびその上に形成された電極26、27Aの図示は省略する。

【0038】図9を参照するに、本実施例による光半導体装置30は図7の光半導体装置20と同様な構成を有するが、前記入射端光導波路22Aの先端に別の光スポット変換部31を設けている。

【0039】図9の例では前記光スポット変換部31は先端部に向って幅が狭まるテーパ状の形状を有しており、かかる先端部に結合される光ファイバから出射した光ビームを前記光導波路22A中に効率的に集めるように作用する。すなわちかかる光スポット変換部31を設けることにより、前記光ファイバと光変調器26との光結合効率を大きく向上させることができる。

【0040】図10(A)~(F)は、様々な光スポット変換部31の例を示す。

【0041】図10(A)~(F)を参照するに、図10(A)の構成では、前記光スポット変換部31において厚さのみが、先端部に向ってテーパ状に、連続的に減少しているのに対し、図10(B)の構成では前記光スポット変換部31において幅のみが、先端部に向ってテーパ状に連続的に減少している。さらに図10(C)の例では、前記スポット変換部31の幅および厚さの両方が、光スポット変換部31の先端部に向って減少している。

【0042】これに対し図10(D)の構成では、前記光スポット変換部31において厚さのみが、先端部に向ってテーパ状に連続的に増大しているのに対し、図10(E)の構成では前記光スポット変換部31において幅のみが先端部に向ってテーパ状に連続的に増大している。さらに図10(F)の例では、前記スポット変換部31の幅および厚さの両方が、光スポット変換部31の先端部に向って増大している。

【0043】このように、これらのうちから選ばれた適当な光スポット変換部31を使うことにより、図9の光半導体装置30は外部の光ファイバに対する光結合効率を大きく向上させることができる。

【第3実施例】図11は、本発明の第3実施例による光半導体装置40の構成を示す。

【0044】図11を参照するに、前記光半導体装置40は先のInP基板21と同様な基板41上に形成されており、位置42Cおよび42Dにおいて相互に光結合し、いわゆるマッハ・ツェンダ型の光変調器42を構成する二つの光導波路42A、42Bを含む。前記光導波路42Aは入射光ビームが注入される入射端42aと出射端42bとを有し、一方前記光導波路42Aに位置42C、42Dで光結合した前記光導波路42Bの出射端42cには、前記光スポット変換部23に対応する光ビーム変換部43と前記光吸収層24に対応する光吸収層44とが形成されている。

【0045】前記光導波路42A、42B、前記光スポット変換部43および光吸収層44は前記基板41上にモノリシックに形成されており、従って前記光半導体装置40は光集積回路を構成する。

【0046】本実施例においても、前記光スポット変換部43としては、先に図8(A)～(F)で説明した構成のいずれかを使うことが可能である。

【0047】また、前記光導波路42Aの入射端42aに先に図10(A)～(F)で説明した光スポット変換部31を形成してもよい。

【0048】本発明によれば先の実施例で説明した入来光信号中のクロック抽出のみならず、前記入射端42aに時分割多重化光信号が供給された場合に、出射端42bにおいてかかる時分割多重化光信号から抽出された光信号成分を得ることが可能である。

〔第4実施例〕図12は、本発明の第4実施例による光半導体装置50の構成を示す。

【0049】図12を参照するに、前記光半導体装置50は前記InP基板21と同様な基板51上に形成されており、前記基板51上にモノリシックに形成され方向性結合器を構成する光導波路52Aおよび52Bを含む。前記光導波路52A上には図示は省略するが、先のマイクロストリップ電極26と同様な電極が形成されており、その結果前記光導波路52Aおよび52Bよりなる方向性結合器は光変調器として作用する。

【0050】前記光導波路52Aの入射端52aには入来光信号が注入され、前記光導波路52Bの出射端52bには前記入来光信号を変調した光信号が現れる。そこで、本実施例では前記出射端52bに連続して、前記光スポット変換部23と同様な光スポット変換部53が設けられ、かかる光スポット変換部53を介して前記変調光信号が前記光吸収層24に対応してフォトダイオードを構成する光吸収層54に注入される。

【0051】かかる構成の光半導体装置50を図1のクロック抽出光検波装置100において使うことにより、光クロック抽出を小型化された構成により実行することが可能になる。

【0052】以上、本発明を好ましい実施例について説明したが、本発明はかかる特定の実施例に限定されるものではなく、特許請求の範囲に記載した要旨内において様々な変形・変更が可能である。

【0053】

【発明の効果】本発明によれば、共通の基板上に光変調器と受光装置とをモノリシックに形成し、さらにかかる光変調器と受光装置との間にモノリシックに光スポット変換部を形成することにより、クロック抽出光検波を簡単に信頼性の高い構成により実行することが可能になる。本発明によれば、簡単な構成であるにもかかわらず、光変調器と受光装置との間に高い光結合が保証される。

【図面の簡単な説明】

【図1】従来のクロック抽出光検波装置の構成を示す図である。

【図2】光変調器における光導波路の活性層幅および厚さと光学モードとの関係を示す図である。

【図3】フォトディテクタにおける光吸収層厚さと動作周波数帯域との関係を示す図である。

【図4】フォトディテクタにおける光吸収層長さや受光感度との関係を示す図である。

10 【図5】フォトディテクタにおける光吸収層厚さと動作周波数帯域との関係を示す別の図である。

【図6】本発明の原理を説明する図である。

【図7】本発明の第1実施例による光半導体装置の構成を示す図である。

【図8】(A)～(F)は、図7の光半導体装置において使われる様々な光スポット変換部の構成例を示す図である。

【図9】本発明の第2実施例による光半導体装置の構成を示す図である。

20 【図10】(A)～(F)は、図9の光半導体装置において使われる様々な光スポット変換部の構成例を示す図である。

【図11】本発明の第3実施例による光半導体装置の構成を示す図である。

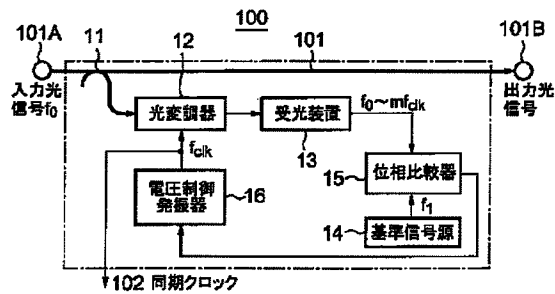
【図12】本発明の第4実施例による光半導体装置の構成を示す図である。

【符号の説明】

1, 21, 41, 51 基板
10, 23, 31 光スポット変換部
11 光カプラ
12 光変調器
13 受光回路
14 基準信号源
15 位相比較器
16 電圧制御発振器
20, 30, 40, 50 光半導体装置
21A 高抵抗InP層
22A～22D, 42A, 42B, 52A, 52B, 1
20A, 120B 光導波路
24, 130 光吸収層
25 p型InP層
26 電極、干渉型光変調器
27 フォトダイオード
27A, 27B 電極
42C, 42D 光結合部
100 クロック抽出光検波装置
101 光ファイバ
101A 光ファイバ入射端
101B 光ファイバ出射端
50 102 同期クロック

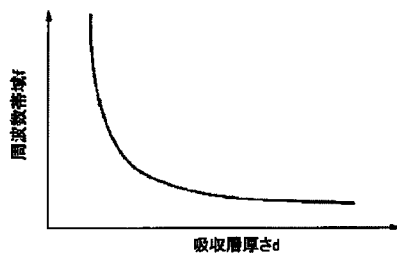
【図1】

従来のクロック抽出光検波装置の構成を示す図



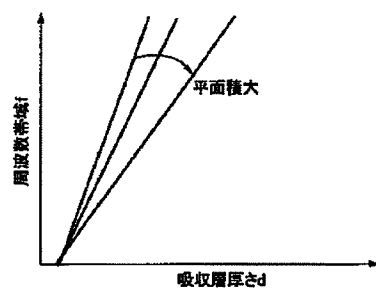
【図3】

フォトディテクタにおける光吸収層厚さと動作周波数帯域との関係を示す図



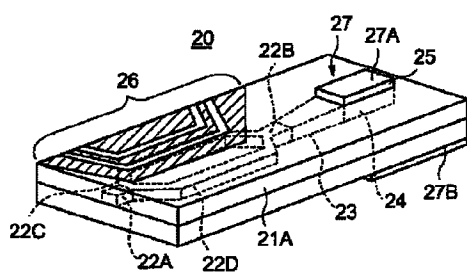
【図5】

フォトディテクタにおける光吸収層厚さと動作周波数帯域との関係を示す別の図



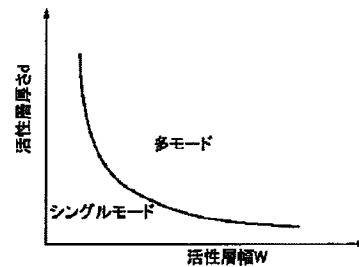
【図7】

本発明の第1実施例による光半導体装置の構成を示す図



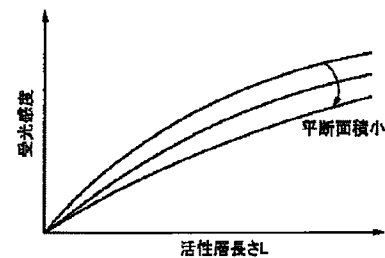
【図2】

光変調器における光導波路の活性層幅および厚さと光学モードとの関係を示す図



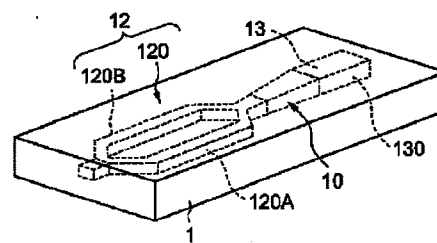
【図4】

フォトディテクタにおける光吸収層長さと受光感度との関係を示す図



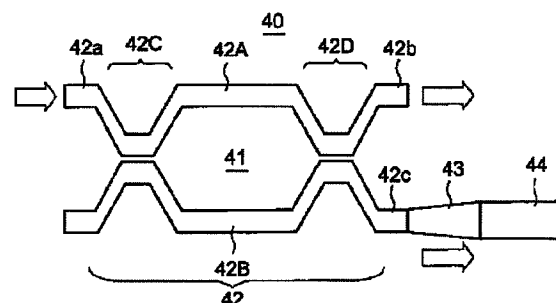
【図6】

本発明の原理を説明する図



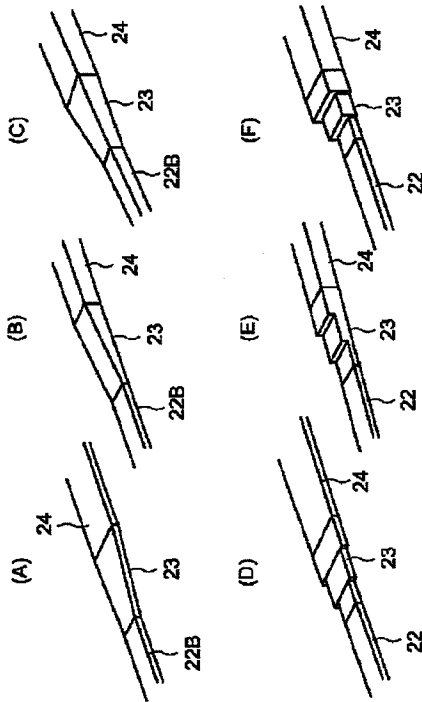
【図11】

本発明の第3実施例による光半導体装置の構成を示す図



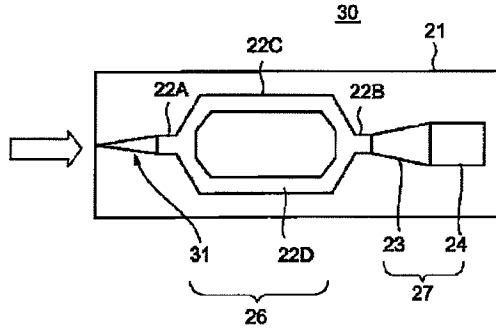
【図8】

(A)～(F)は、図7の光半導体装置において使われる様々な光スポット変換部の構成例を示す図



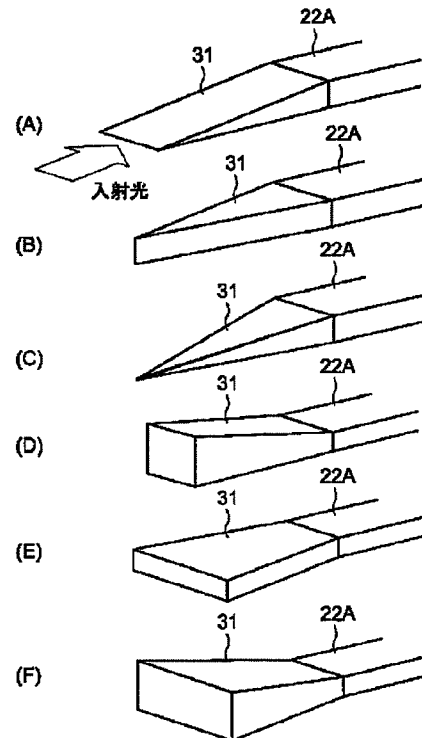
【図9】

本発明の第2実施例による光半導体装置の構成を示す図



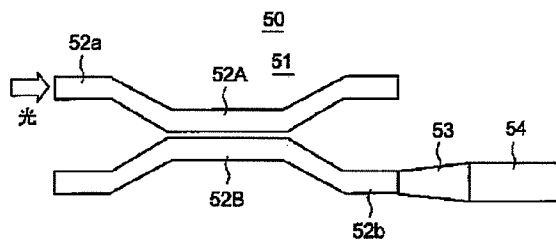
【図10】

(A)～(F)は、図9の光半導体装置において使われる様々な光スポット変換部の構成例を示す図



【図12】

本発明の第4実施例による光半導体装置の構成を示す図



フロントページの続き

(51)Int. Cl.⁷

識別記号

F I
H 0 4 B 9/00テーマコード(参考)
B